

El cultivo del almendro en España y Portugal: situación, innovación tecnológica, costes, rentabilidad y perspectivas

I. IGLESIAS¹, P. FOLES², C. OLIVEIRA³

(1) Agromillora Group (España).

(2) Agromillora Iberia (España).

(3) Instituto Superior de Agronomia. Universidade de Lisboa (Portugal).

RESUMEN

Se describen los aspectos más importantes del cultivo del almendro en España y Portugal, que cuentan con una superficie conjunta de 744.655 ha. España con 121.600 t en 2020 se sitúa como segundo productor mundial después de Estados Unidos. Se relacionan las principales regiones productoras, su situación geográfica, producciones y tecnología de producción, en particular en lo relativo a portainjertos, variedades y sistemas de formación.

Se han desarrollado en paralelo dos sistemas de formación: el intensivo con sus diferentes modalidades y el superintensivo en seto o SHD/SES. En el primer caso, los patrones utilizados han sido mayoritariamente el GF-677 y el Garnem, mientras que en el seto lo ha sido el Rootpac®20. A pesar del mayor coste de plantación, el menor coste de producción corresponde al seto y el mayor al sistema californiano. Los indicadores de rentabilidad VAN, TIR y Pay-back no presentan diferencias importantes entre el vaso y el seto. La producción ecológica se presenta como una oportunidad interesante, por tratarse de un mercado deficitario con una demanda creciente. La innovación tecnológica y el elevado dinamismo caracterizan el sector de la almendra que ha supuesto una revolución en la agricultura de la península ibérica.

Palabras clave: Almendro, Países, Sistemas de formación, Seto, Eficiencia, Costes, Rentabilidad, Producción ecológica.

ABSTRACT

The almond in Spain and Portugal: situation, technological innovation, costs, profitability and perspectives. The main aspects of almond cultivation in Spain and Portugal are reported. In total the cultivated area was of 744,655 ha. Spain, with 121,600 t in 2020, is the second largest producer in the world after the United States. The main producing regions, their geographical location, productions and technology used are described, in particular with regard to rootstocks, varieties and training systems.

Two training systems have been developed in parallel: intensive with its different modalities and super-intensive hedgerow or SDH/SES. In the first case, the rootstocks used were mainly GF-677 and Garnem, while Rootpac®20 was used in the hedgerow. Despite the higher planting cost, the lowest production cost corresponds to the hedge and the highest to the Californian system. The profitability indicators NPV, IRR and Pay-back, did not show significant differences between the intensive and the hedge system. Organic production represents an interesting opportunity because it is a deficit market with a constant growing demand. Technological innovation characterizes the almond industry, a revolution in agriculture on the Iberian Peninsula.

Key words: Almond, Countries, Training systems, SHD, Efficiency, Costs, Profitability, Organic.

Foto entrada: Veracruz.

La situación actual: superficies, producciones y zonas productoras

Las especies leñosas expuestas en el Cuadro 1 ocupaban en 2019 una superficie próxima a los 5 millones de hectáreas, lo que sitúa a España en el primer país en superficie y en producción de Europa, si bien es cierto que una parte importante del almendro, viñedo y olivo se encuentran en secano. De la superficie total, 190.414 ha corresponden a la fruta dulce, 763.717 ha a la fruta seca y el resto a los cítricos, viña y olivo, siendo ésta la especie con la mayor superficie cultivada (más de 2,5 millones de ha). La producción media para el periodo 2017-2019 fue de 2.978.665 t de fruta dulce y 381.782 t de fruta seca, respectivamente (Cuadro 1). En fruta dulce, las especies más importantes son el melocotonero, el manzano y el peral, mientras que en fruta seca el almendro lidera el ranking, seguido a gran distancia por el pistachero. De hecho, es el almendro la especie que más ha incrementado la superficie de entre todas las leñosas expuestas en el Cuadro 1. Le siguen el pistacho, en fase de fuerte crecimiento, y el nogal, con superficies muy inferiores. Por supuesto que dentro de las especies leñosas destaca el olivo con 2.751.255 ha, la viña (964.037 ha) y los cítricos (307.025 ha). Un total de 4.976.448 ha dedicadas a los cultivos leñosos, en fase crecimiento en el caso de los frutos secos. Ello que demuestra el potencial edafo-climático de España para cultivos típicamente mediterráneos como son la viña, el olivo o el almendro, al margen de los cítricos y el melocotonero.



Tanto en España como en Portugal, el almendro ha sido durante décadas un cultivo marginal de secano con escasa innovación tecnológica por los bajos precios percibidos por los productores. Arriba, vieja plantación en secano con laboreo del suelo en el Valle del Ebro (España). Abajo, plantación tradicional en la región de Bragança (Trás-os-Montes) (Foto: J. A. Pereira).

El almendro destaca de entre los frutos secos, tanto por la superficie como por la producción. De ser un cultivo marginal, ha pasado a ser el foco de atención y la revolución dentro de los cultivos leñosos, gracias a diferentes factores. En primer lugar, la innovación varietal que ha aportado variedades autofértiles y de floración tardía, lo que ha permitido una mejor adaptación a climas donde el riesgo de heladas es recurrente. A este factor se ha unido la innovación en portainjertos, con un tránsito desde la almendra amarga como principal patrón, pasando por 'Garrigues', para confluír mayoritariamente en las dos últimas décadas en los híbridos melocotón x almendro GF-677 y Garnem, junto a Rooppac®R y Rooppac®20, estos últimos de la serie Rootpac®, creada y desarrollada por Agromillora. Esta genética innovadora en variedades y patrones ha posibilitado un salto cuantitativo y cualitativo en la adaptación del almendro al clima y suelo de las principales zonas de producción de España.

El segundo aspecto a destacar ha sido la evolución en sistemas de formación y poda. Puede resumirse, como en otras especies frutales (IGLESIAS, 2019a), en un proceso de intensificación continua, con menores marcos de plantación, y menos intervenciones de poda de invierno, en particular en el período de formación, y una mayor o total mecanización de la poda y recolección. Esto ha posibilitado obtener una entrada en producción más rápida con respecto al sistema tradicional en vaso con bajas densidades de plantación. Esta intensificación tiene máxima expresión en la conducción en seto, modelo o sistema basado en copas de pequeño volumen, en la eficiencia y sostenibilidad.

Un tercer factor que ha conducido a la mejora de la eficiencia del cultivo ha sido considerar al almendro como una especie frutal, con todo lo que ello conlleva en lo referido a tecnología de producción en particular protección del cultivo, riego y fertilización. Y esto unido a un amplio período de bonanzas en los precios, nunca visto con anterioridad, que ha situado su rentabilidad en un nivel muy superior a la de cualquier otro cultivo leñoso.

El almendro es en la actualidad la fruta seca más plantada en el mundo y cuenta con un de-

Cuadro 1. Superficies y producciones de las principales especies de fruta dulce y de fruta seca en España en el año 2019 (Fuente: elaboración propia a partir de los datos de 2020 del MAPA, Afrucat, Europech y Prognosfruit).

Especie	Superficie 2019 (ha)	Producción 2019 (t)
Manzano	29.637	596.278
Peral	20.623	341.315
Melocotonero	20.235	1.597.629
Cerezo	27.604	113.398
Albaricoquero	77.464	161.662
Ciruelo	14.851	168.383
Total fruta dulce	190.414	2.978.665
	Superficie 2019 (ha)	Producción 2019* (t)
Almendro	700.156	339.482
Pistacho	32.144	13.800
Nogal	15.204	16.200
Avellano	16.213	12.300
Total fruta seca*	763.717	381.782
Cítricos	307.025	6.138.100
Viña**	964.037	37.245.600
Olivo***	2.751.255	1.238.200
Total leñosos	4.976.448	

*: cáscara, **: hl, ***: t. aceite.

sarrollo tecnológico importante en las últimas décadas en España, Portugal e Italia, ligado principalmente a la innovación varietal y a los sistemas de formación. Su producción a escala global, en base a las producciones de la campaña 2020-2021, sigue liderada por Estados Unidos, en particular por el Estado de California, que produce el 79,2% de la producción mundial y es el país referente en cuanto a precios, tipificación de producto y promoción/comunicación (WAYCOTT y SAA, 2020). Le sigue, por primera vez en la historia, España como segundo productor mundial, con 121.600 t de almendra grano. Australia ocupa el tercer lugar (117.100 t) y un modelo productivo similar al de California. Posteriormente se sitúan Italia, Turquía e Irán (Figura 1). La Unión Europea en 2020 produjo 161.780 t, con unas importaciones de California para el año 2019 de 408.000 t, lo que demuestra que el balance entre producción y consumo sigue siendo muy deficitario. Después de California, el área geográfica que ha experimentado un mayor cre-

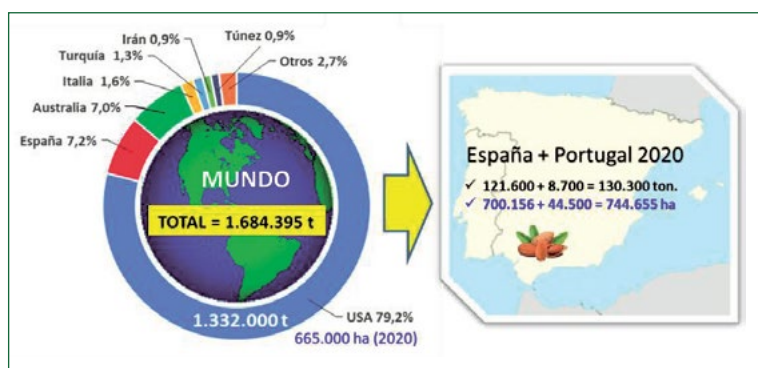


Figura 1. Producción mundial de almendra grano por países, campaña 2020–2021, y superficie de California 2020 (izda.) (Fuente: Almond Board of California; Almond Board of Australia, Aeofruse, Descalmena). A la dcha., superficies y producciones de España y Portugal campaña 2020–2021. Datos: diciembre 2020.

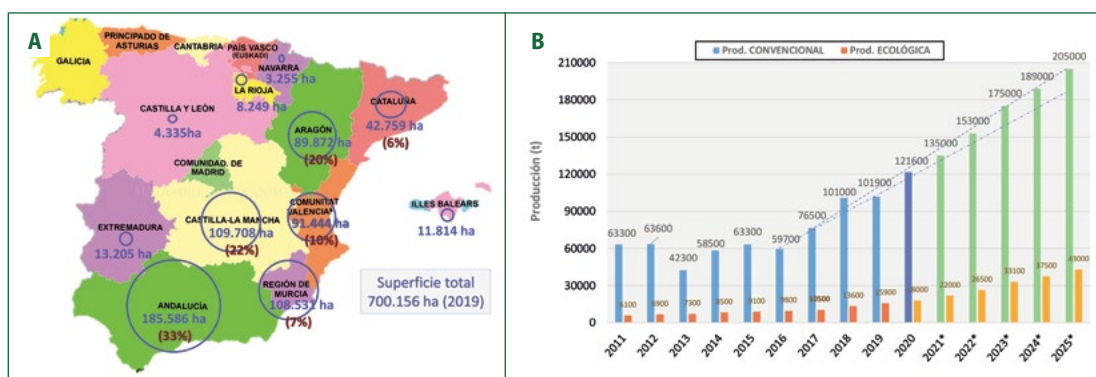


Figura 2. A) Distribución geográfica de la superficie de almendro en España por CC. AA. en 2019. Los (%) indican la producción aportada (Fuente: ESYRCE–MAPA, 2019). **B)** Evolución de la producción de almendra grano (t) en producción convencional y ecológica a lo largo del período 2011–2019 y previsión para el período 2021–2025*.

cimiento en la última década ha sido la **península ibérica** (España y Portugal). En el año 2014 las producciones de almendra grano fueron de 2.800 y 58.400 t para Portugal y España, respectivamente (Figuras 2b y 3b), lo que muestra su fuerte incremento en la última década. En 2020 la península ibérica, como unidad geográfica, fue el segundo productor del mundo, superando a Australia, con una superficie de 744.655 ha y una producción de 130.300 t de almendra grano, tal y como se observa en la Figura 1.

La **Unión Europea** tan solo produce el 6,6% de la producción mundial, aunque presenta una tendencia fuertemente alcista. Los principales países productores son España, Italia y Portugal, ocupando Grecia un lugar secundario. España junto con Italia han sido tradicionalmente los dos principales productores. **Italia** es actualmente el segundo productor de Europa con una superficie cultivada en el año 2018 de 53.076 ha y

una producción de 81.600 t de almendra cáscara. Las principales regiones productoras son Sicilia y Puglia que aportan el 96% de la producción. El sector viverístico produce 1,5 millones de plántones anualmente, el 30% de los cuales son exportados. La plantación anual es de 3.000 ha. Aún y así la tendencia de los últimos años muestra una clara reducción de la superficie ocupada por este cultivo (CATALANO *et al.*, 2020), al contrario que en la península ibérica.

En España, la distribución geográfica de la producción abarca toda la vertiente mediterránea y zonas de interior de Castilla La Mancha, Castilla-León y Extremadura (Figura 2a). Por producción destacan Andalucía, Castilla La Mancha, Aragón y Comunidad Valenciana (Figura 2a). En la campaña 2012–2013 la producción fue de tan solo 42.300 t, lo que demuestra el fuerte incremento, tal y como se observa en la Figura 2b, con un gran crecimiento de las producciones.

CORDIAL[®] **EXTRA**

Máxima concentración de piretrina

Autorizado en berries

Admitido en agricultura ecológica



COMERCIAL QUÍMICA MASSÓ, S.A.

Viladomat, 321 5° - 08029 Barcelona Tel. 93 495 25 00 - Fax 93 495 25 02

E-mail: masso@cqqmasso.com · www.massoagro.com

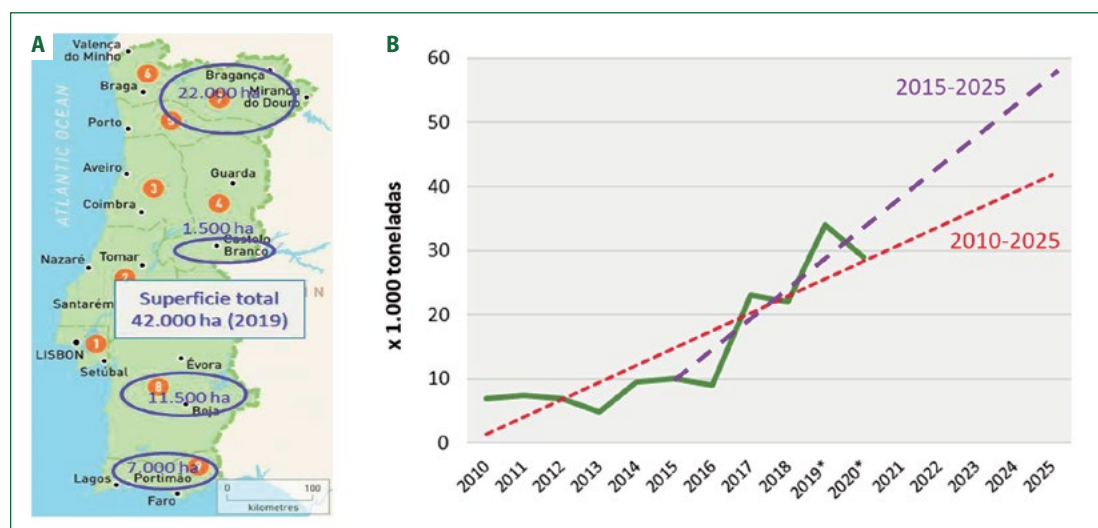


Figura 3. A) Distribución de la superficie de almendro (ha) en Portugal por regiones, año 2019. Fuente: INE-BMAP, nov. 2020. **B)** Evolución de la producción de almendra cáscara a lo largo del periodo 2010–2025 (2019* y 2020* valores estimados, 2021–2025 extrapolados). (Fuente: INE– Boletim Mensal da Agricultura e Pescas: nov. 2015, 2020). <https://www.ine.pt/xurl/pub/452304120>

Proyectando al año 2025 el incremento de producción de los últimos años, la producción prevista podría situarse entre 185.000 y 205.000 t.

En base a las ventas de los principales viveristas españoles, se estima que en los últimos cinco años se han producido anualmente entre 17 y 22 millones plantones de almendro con destino mayoritario a España (70%) y a Portugal (30%), en menor grado a Italia. La mayoría se han destinado a los secanos (75–80%) y a sistemas tradicionales e intensivos (94%). Considerando el número de plantones producidos y su destino, puede estimarse que la superficie plantada anualmente entre España y Portugal podría oscilar en torno a las 30.000 ha/año. Se estima que de la superficie total de almendra de España en 2020 (700.156 ha), 120.000 ha tienen menos de 4 años y por lo tanto aun no son productivas. En Portugal, se habrían plantado en los últimos 5–6 años de expansión del almendro entre 15.000 y 20.000 nuevas hectáreas a partir de los 6 millones de plantones vendidos por año, procedentes principalmente de España. Ello supone un incremento acumulado muy importante en ambos países, que permite realizar las proyecciones estimadas de las producciones españolas y portu-

guesas en el horizonte 2025 (Figuras 2b y 3b), con 205.000 t de almendra grano para España. Para Portugal serían superiores en tasa de incremento a las de España, con una previsión de que se alcancen las 58.000 t (17.400 t de almendra grano) en 2025 (Figura 3b). En total considerando España y Portugal se prevé para el año 2025 una producción de 222.400 t de almendra grano.

Portugal es el tercer productor de almendra de Europa, con una superficie total 39.642 ha y una producción de 21.640 t de almendra cáscara en 2018 (Cuadro 1). En el año 2019 la superficie estimada fue de 42.000 ha, con una producción de 34.000 t. Los datos provisionales para 2020 indican una superficie de 44.500 ha y una producción de 29.000 t (8.700 t grano) (Figuras 1, 3a y 3b). Como conclusión de la cosecha de almendras de la campaña 2020–2021, se hizo evidente el escenario divergente entre las dos principales regiones productoras. En Trás-os-Montes (noreste del país), las condiciones climáticas adversas en el momento de la floración afectaron negativamente a la carga de fruta. Posteriormente, y en la gran mayoría de los huertos (cultivo mayoritario en secano), las escasas precipitaciones y los largos periodos de temperaturas muy altas pro-



La innovación varietal procedente de diversos programas de mejora de España ha sido una de las claves para posicionar el almendro como un cultivo frutal, al proporcionar variedades auto-fértiles, de floración tardía y altamente productivas. En las fotos 'Soleta' (arriba) y 'Lauranne' (abajo).



A la izquierda, plantación intensiva (6 x 6 m) y a la derecha plantación en alta densidad en seto (3,0 x 1,2 m), ambas en su 3^{er} año de plantación. Se observa como la rápida ocupación del espacio en la alta densidad posibilita una entrada en producción más rápida y con árboles más pequeños.



Arriba, nueva plantación en vaso a 6 x 4 m patrón GF-677 en el Alentejo (Portugal). Abajo, plantación intensiva a 5 x 2 m patrón Rootpac®R en Lleida (España) en su segundo año de plantación. La intensificación permite ocupar más rápidamente el espacio asignado a cada árbol, pero el control del vigor será esencial.

vocaron un estrés hídrico, con repercusiones en el peso específico del fruto y un gran impacto en el rendimiento unitario. En el Alentejo, con más del 80% de las nuevas plantaciones realizadas en Portugal en la última década y con riego, no se observaron los efectos negativos del clima cálido y seco. Este hecho, asociado a la entrada en plena producción de jóvenes plantaciones, compensó

en parte la disminución de la producción del norte y contribuyó globalmente a que la reducción de la producción nacional fuera del 15% con respecto al año 2019, alcanzando todavía la segunda producción más alta de las dos últimas décadas (solo por detrás de la de 2019, con 34.000 toneladas según el *Boletim 2020 Ministerio de Agricultura*. En base a las importantes plantaciones rea-

Nuestra experiencia y compromiso al servicio del cultivo del almendro

En Tradecorp somos conscientes de que, desde el primer brote del árbol hasta que la almendra llega a su destino, nuestra misión es garantizar su calidad.

Por eso, **hemos reunido a algunos de los mejores expertos del país, para que conversen sobre el presente y el futuro del almendro**, aportando unos conocimientos que sin duda te ayudarán en tus cultivos.

Además, hemos desarrollado una guía de los mejores productos para combatir plagas y enfermedades, así como los momentos óptimos de uso para tener almendros 10.

Descubre todas las claves para el cultivo del almendro en
www.enclavedealmendro.com



Dos modelos agronómicos para el almendro con conceptos y arquitectura del árbol muy diferentes. Arriba, el vaso con un marco de 6 x 4 m y abajo el seto con un marco de 3,5 x 1,2 m, ambos de 4 años y en Lleida.

lizadas en la última década principalmente, en el Alentejo, se prevé que la producción seguirá incrementándose al ritmo que lo hizo en el período 2016–2019, en el que se triplicaron las producciones para alcanzar, si se extrapolan las produccio-

nes del período 2015–2020 al año 2025, las 58.000 t (17.400 t almendra grano) (Figura 3b).

Este cultivo tradicional en las regiones del norte del país, donde se cultiva mayoritariamente en secano, ha experimentado un avance sin prece-

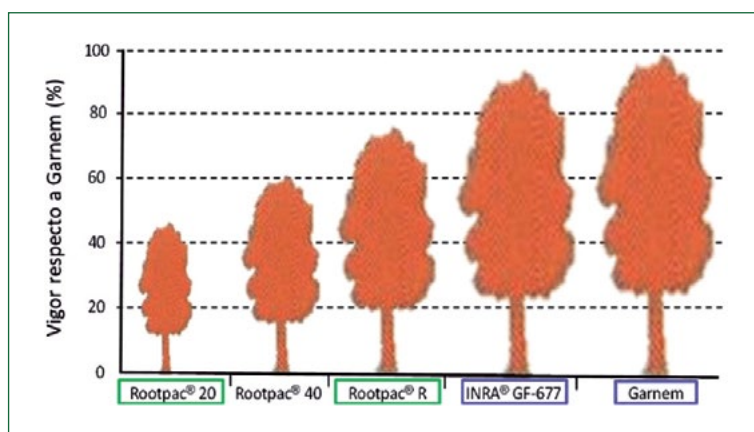


Figura 4. Vigor conferido por diferentes patrones de la serie Rootpac®, con respecto a los de referencia Garnem® y GF-677.

dentes en la última década al amparo de la innovación tecnológica y de las fuertes inversiones por empresas españolas y fondos de inversión. Por dichas razones, tecnológicamente el desarrollo y la innovación han ido paralelos a los de España. Como resultado su producción muestra un fuerte crecimiento en los últimos años y de cara al futuro, tal y como se ilustra en la *Figura 3b*. La distribución territorial del almendro muestra que la principal región productora es el Trás-os-Montes (noroeste del país) seguida por las regiones del Alentejo (Évora, Beja, etc.) y el Algarve (sur del país), tal y como se observa en la *Figura 3a*. La notable expansión del almendro y del olivo en la región del Alentejo tiene su base en la gran área de regadío, de suelos fértiles y orografía apta a la mecanización que aportó a partir del año 2002 el pantano de Alqueva, situado sobre el río Guadiana. Con 4.150 hm³ constituye la mayor reserva hídrica del sur de Europa, con un dominio regable de 110.000 ha, la mitad de las cuales todavía por transformar a regadío.

La tecnología de producción Portainjertos

Como se ha expuesto anteriormente, el desarrollo de la tecnología de producción del almendro en Portugal ha ido paralela a su desarrollo en España, por tratarse de zonas de producción próximas y frecuentemente con los mismos inversores.

Con respecto a los **patrones**, su utilización ha ido muy ligada al sistema de formación utilizado en las diferentes zonas productoras. El vaso,

con sus diferentes variantes, ha sido el sistema predominante, utilizándose tradicionalmente como patrón la almendra amarga y la variedad 'Garrigues'. En las dos últimas décadas para este sistema de formación se ha generalizado el uso de los patrones vigorosos GF-677, Garnem® y más recientemente Rootpac®R, por conferir este un menor vigor, permitir intensificar la plantación y presentar una buena adaptación a suelos compactos, poco fértiles o con problemas de replantación. Para el sistema en seto el principal patrón utilizado es Rootpac®20 por conferir un vigor controlado y un buen comportamiento en suelos fértiles, pero también pesados o ligeros o con problemas de asfixia o nematodos (IGLESIAS y TORRENTS, 2020a). El vigor de los patrones mencionados puede observarse en la *Figura 4*, donde es evidente la diferencia de vigor conferida a la variedad. Para el sistema en seto el patrón utilizado generalmente en España y Portugal es el Rootpac®20 junto al Rootpac®R, en casos donde lo justifiquen las limitaciones edáficas. Este patrón presenta a la vez un notable interés para el sistema intensivo con menores marcos de plantación por posibilitar un mejor control del vigor.

Variedades

La notable innovación en **variedades** procedente de España ha sido "la clave de vuelta" sobre la que descansa el notable desarrollo del almendro en las dos últimas décadas en el sur de Europa, en particular en España y Portugal (MIARNAU *et al.*, 2018a). Dichas variedades proce-

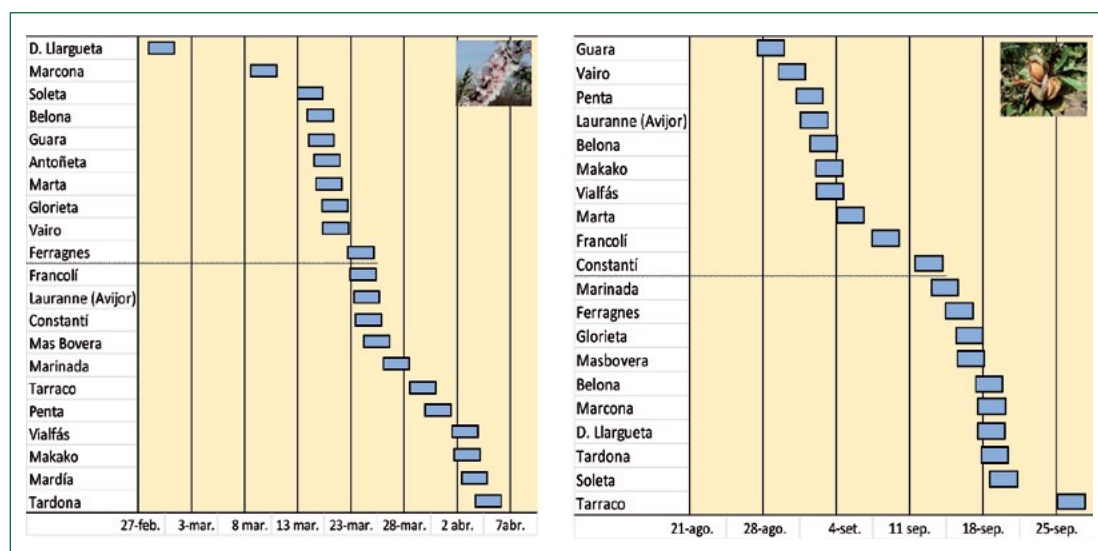


Figura 5. Periodos de floración y de maduración (<75% frutos con pericarpio abierto) de diferentes variedades de almendra en el Valle del Ebro. Media periodo 2010–2016 (Fuente: Adaptado de IRTA, CITA y CEBAS–CSIC).

den mayoritariamente de los programas de mejora genética del CEBAS–CSIC (Murcia), CITA (Aragón) e IRTA (Cataluña), además de ‘Lauranne’ (Avijor) del INRA (Francia). En conjunto aportan como caracteres destacables la autofertilidad y la floración mayoritariamente media o tardía, cubriendo un amplio calendario de maduración (Figura 5). Sus características del grano, sensoriales y aptitud al procesado varían, siendo todas de cáscara dura o semidura. Son variedades de esta procedencia las que se han plantado mayoritariamente en Portugal en la última década, a las que se han añadido en los últimos años plantaciones de variedades americanas como ‘Nonpareil’ o ‘Monterey’. En concreto, las variedades más plantadas en la península ibérica en los últimos años han sido ‘Soleta’, ‘Avijor’, ‘Guara’, ‘Vairo’, ‘Belona’, ‘Marinada’ y más recientemente ‘Penta’.

Sistemas de formación

La combinación específica variedad/patrón, unido al sistema de formación y su correspondiente marco de plantación, constituyen los dos principales componentes del rendimiento en plantaciones de almendro. Al igual que en otras especies frutales, pero con un considerable re-

Cuadro 2. Principales sistemas de formación utilizados en plantaciones de almendro en función del marco de plantación.

Tradicional	Intensivo	Seto
7–6x6 m	6x4–3 m	3,5x1,0–1,2 m
238–278 árboles/ha	55–417 árboles/ha	2.875–2.380 ar/ha

traso, en el almendro se está dando una tendencia clara hacia la intensificación de plantaciones con el objetivo de alcanzar una entrada en producción más rápida y lograr una mayor eficiencia en el uso de los *inputs*, ligado a un menor volumen y accesibilidad de la copa (IGLESIAS y LAGHEZZA, 2020). Con el objetivo de clasificar los sistemas de formación/plantación en almendro, en el Cuadro 2 se indican de forma simplificada los más utilizados en la actualidad en base al marco de plantación.

La intensificación de plantaciones permite una entrada en producción más rápida, por el hecho de que cada árbol ocupa rápidamente el espacio asignado. Esta intensificación va ligada también al vigor conferido por el patrón. Así en plantaciones superintensivas, mejor denominadas actualmente SES (*Sustainable and Efficient*



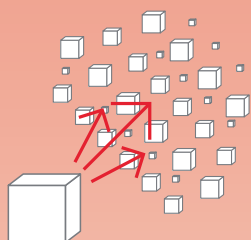
**Controla el mosquito verde
y la araña roja de tus almendros**



FLASH UM®

UN PASO POR DELANTE EN LA NUEVA AGRICULTURA

TECNOLOGÍA UM:



- Insecticida y acaricida específico, polivalente y eficaz para ácaros tetránquidos, mosquito verde y psila.
- Tecnología UM que mejora la eficacia y prolonga la duración de la protección.
- Compatible en mezcla con otros fitosanitarios y nutrientes.
- Compatible con enemigos naturales y polinizadores.

sipcamiiberia.es

Uso reservado a agricultores y aplicadores profesionales. Lea siempre la etiqueta antes de usar el producto y siga las instrucciones.





Arriba, nueva plantación en seto patrón Rootpac®20 en su primer año de plantación en Badajoz (Extremadura, España), a partir de Smart-tree® (Foto: A. Borreguero). Abajo, plantación adulta de 4 años con la variedad 'Lauranne', mismo patrón y formación en multieje.

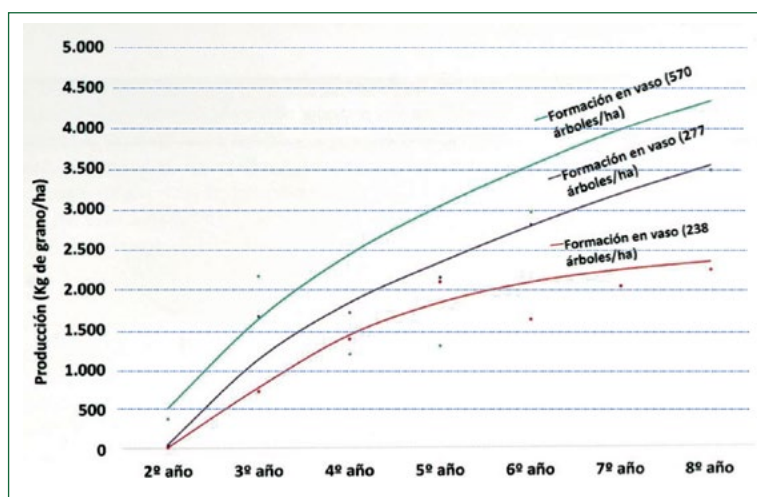


Figura 6. Efecto de la densidad de plantación en la producción anual de almendra grano (kg/ha) desde el 2º al 8º año de plantación (Fuente: MIARNAU *et al.*, 2018b).

System) o 2D por tratarse de copas de menor volumen, más bidimensionales con respecto al vaso, el control del vigor se consigue de forma natural con la utilización de patrones de poco vigor como el Rootpac®20. Aún en el caso de me-

nores densidad de plantación, como el sistema tradicional e intensivo expuestos en el Cuadro 2, se ha demostrado que la intensificación permite una más rápida entrada en producción, tal y como se observa en la Figura 6.

Julietta®

FUENTE DE PROTECCIÓN NATURAL CONTRA MONILIA Y BOTRYTIS

BIOFUNGICIDA
Compatible con programas
Residuo 0

JULIETTA®: N° registro fitosanitario: ES-01080

biochem®
— A ROVENSA COMPANY —



Arriba, 'Lauranne'/Rootpac®20 de 4 años en seto y formación en eje central. Abajo, vista frontal de la misma plantación con un marco de plantación de 3,2 x 1,25 m en Raimat (Lleida).

Este hecho, contrastado desde hace décadas en diferentes especies frutales, unido a la disponibilidad de patrones de vigor medio y bajo (Rootpac®R y Rootpac®20) ha conllevado al diseño de nuevos sistemas de formación más inten-

sivos ya sea en vaso o en seto/SES cuando la intensificación es superior.

La elección del sistema de formación en almendro lo determinará en buena parte la superficie de la plantación de cada empresa y de su



ASF Edition

by A&L Maillard

Variedades aromáticas de gran sabor,
atractivas, muy productivas, de larga vida
comercial y disponibles durante todo
el calendario de producción.



Nectarinas ● Melocotones ● Albaricoques
Paraguayos ● Nectarinas planas
Cerezas ● Manzanas





Arriba, plantación en seto de 'Soleta'/Rootpac®20 en Torrefresneda (Badajoz) al final de su segundo año de plantación (Foto: A. Borreguero). A la izda., primera recolección en su tercer año de 'Avijor'/Rootpac®20 con 2.400 kg de almendra grano/ha (Foto: J. Bote) en Talavera La Real (Badajoz).

disponibilidad de mano de obra. En plantaciones de dimensión media o grande el uso de paraguas invertido no es actualmente una opción factible por el tiempo que requiere. La mano de obra, tanto en España como en Portugal, es cada vez más cara, escasa y de disponibilidad incierta, lo que supone un riesgo para sistemas más dependientes de mano de obra como son los mantos y buggies.

El **sistema intensivo** se basa en patrones de vigor medio a alto, principalmente GF-677, Garnem® y Rootpac®R (Figura 4). Los marcos de plantación actualmente utilizados oscilan de 6

a 5 m entre líneas y de 6 a 2 m entre árboles, según sea el sistema de recolección elegido. El sistema de formación más utilizado es el vaso, con sus diferentes modalidades, mientras que en los marcos menores se utiliza también el eje central, con recolección mantos + buggies o desde el suelo. El vaso puede ser el tradicional con 3 o 4 ramas principales con el punto de cruz a 1,10 m y poda de retorno al final del año 1 para reforzar la estructura del árbol. Buscando una mayor facilidad de formación, mano de obra menos especializada y una entrada en producción más rápida, el sistema intensivo ha dado lugar a diferentes

Terramin[®] *pro*



Potenciador de la salud del suelo



***Alimentamos
la microbiota edáfica
para potenciar
la salud del suelo
y la fertilización
del cultivo.***

APTO PARA SU USO EN
agricultura ecológica

Prebiótico



Bioiberica
www.planthealth.es

variantes de entre las cuales la poda "Aragonesa" o "4.0" desarrollada por el Vivero de Abel (Caspe, Zaragoza) y ampliamente utilizada en España y Portugal (IGLESIAS, 2020). Este sistema, que comparte principios de poda y manejo del seto, se basa en intervenciones o "pinzamientos" en verde, de forma manual combinada con la poda mecánica hasta el cuarto año (4.0). Con ello se consigue la multiplicación de las ramas y la rápida ocupación del espacio, además de una entrada en producción más rápida, en particular cuando se intensifica la plantación. A partir del cuarto año prácticamente solo se realizan intervenciones de poda mecánica anuales o bianuales para mantener constante el volumen de copa y optimizar la interceptación de radiación. En estos sistemas intensivos, el marco de 6 x 4 m es el límite para el uso de paraguas invertido, con marcos menores se impone el uso del sistema de mantos y buggies o el sistema californiano de recogida del suelo.

El sistema del almendro **"en seto"**, también denominado superintensivo o SHD y más recientemente SES por sus siglas en inglés: Sustainable and Efficient System, y en frutales 2D, constituye una innovación en almendro como resultado de una intensificación del cultivo gracias a la utilización de patrones de bajo vigor como es el Rootpac®20 que permite la intensificación (Cuadro 2) y un buen control del vigor. El antecedente más conocido es el seto del olivo iniciado ahora hace 25 años, actualmente referente en dicho cultivo por su eficiencia en el uso de *inputs* y su sostenibilidad (CAMPOSEO, 2020). Aunque en almendro esta innovación es relativamente reciente, en otras especies frutales constituye una práctica común desde décadas (IGLESIAS, 2019a), debido entre otros factores al elevado coste que representa la mano de obra y a la necesidad de mecanización (IGLESIAS y TORRENTS, 2020b). Con dicho sistema de conducción y con un correcto manejo de la tecnología de cultivo, en particular la poda, el riego y la fertilización, se consigue una rápida entrada en producción que permite compensar el mayor coste de plantación con respecto a los sistemas menos intensivos. El sistema se basa en árboles de pequeño volumen, con una copa de volumen controlado y constante a lo largo de los años. Esta peculiar

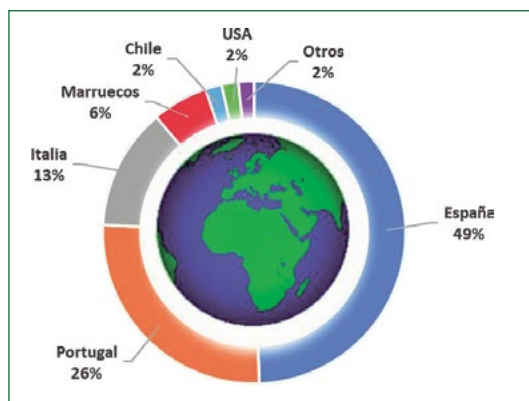


Figura 7. Distribución mundial de la superficie (ha) total de almendro en seto por países. Los datos corresponden a marzo de 2020 e incluyen solamente las plantaciones realizadas con el patrón Rootpac®20.

arquitectura de árbol en almendro posibilita la utilización de máquinas cabalgantes para la recolección y además es muy eficiente en la reducción de las pérdidas por deriva al realizar los tratamientos fitosanitarios. La primera plantación de este sistema se realizó en el año 2010 en La Granja d'Escarp (Lleida) y la segunda en 2013 en la finca de Porxina-Mequinenza (Zaragoza), por lo que se trata de un sistema relativamente reciente comparado con el vaso y sus diferentes modalidades. Su desarrollo se está dando de forma paralela en diferentes países del mundo y en 2020 alcanzó 5.304 ha tal como se ilustra en la Figura 7. España y Portugal constituyen la referencia en este modelo productivo.

La observación detallada de la copa de los árboles en el sistema intensivo (6 x 4 m) y en seto o SES multieje (3,5 x 1,20 m), mediante su escaneo con la tecnología LiDAR, permite observar diferencias importantes tanto en volumen como en ocupación del espacio asignado a cada árbol (Figura 8), características que van a influir tanto en la interceptación de la luz, su distribución en el interior de la copa o la eficiencia de los tratamientos fitosanitarios, entre otros aspectos.

La base agronómica para el desarrollo de cualquier sistema de formación eficiente pasa por la optimización de la luz interceptada, por su relación directa con la producción, para rangos de interceptación inferiores al 80% (BROWNE *et al.*,

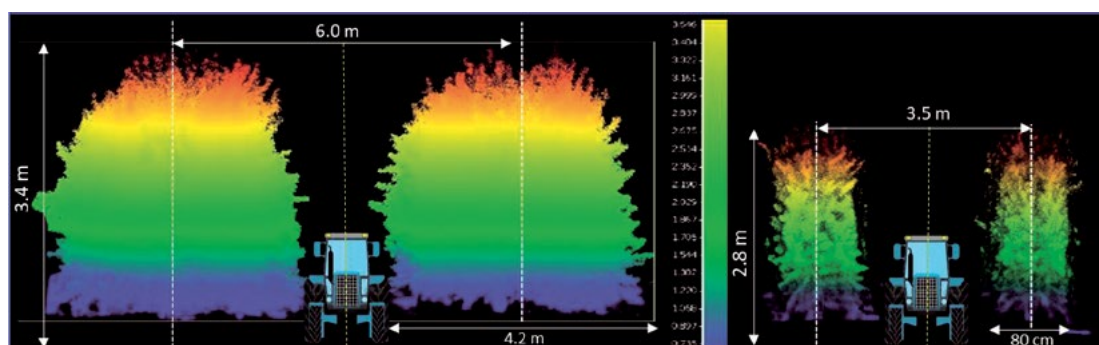


Figura 8. Diferentes volúmenes y alturas de copa y de ocupación del espacio correspondientes al vaso/GF-677 (izquierda) y al seto/Roootpac-20 (derecha) de plantaciones en su cuarto año de plantación escaneadas con scanner terrestre móvil basado en detección de luz 2D-LiDAR (Fuente: Agromillora/GRAP-UdL).

2014). En los sistemas en vaso y sus diferentes modalidades, por tratarse de mayores volúmenes de copa asociados a marcos de plantación más amplios, la interceptación de luz es mayor con respecto al sistema en seto, por lo que la relación altura de copa y distancia entre líneas, así como su orientación tienen una menor impor-

tancia. En cambio, el sistema SES por tratarse de una pared vertical y de anchura limitada a 80-100 cm, optimizar la interceptación de la luz es un aspecto fundamental para optimizar la eficiencia productiva (CASANOVAS-GASCÓN *et al.*, 2019). Ello se consigue con un diseño óptimo de los marcos de plantación, en concreto de la distan-



**PODA ARAGONESA
Método 4.0**



Variedad
Americana:



elviverodeabel
"where everything begins"

**Asesoramiento personalizado:
PODA ARAGONESA
Método 4.0**

**Almendros
Pistachos
Avellanos Injertados
Olivos Injertados
Frutales**

**www.elviverodeabel.com
info@elviverodeabel.com
976630506 - 619706033
CASPE (Zaragoza)**

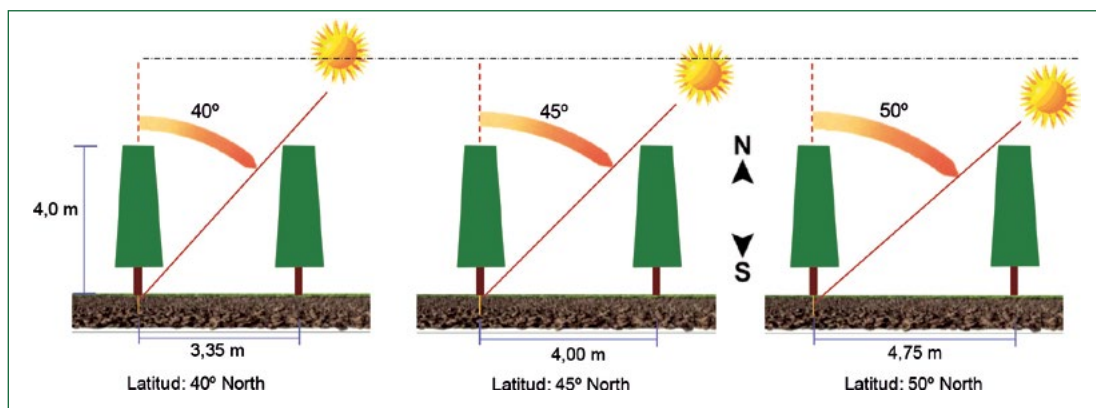


Figura 9. Efecto de la latitud en la distancia entre líneas en plantaciones frutales conducidas en formas planas, bidimensionales o 2D.

cia entre líneas. Esta deberá ir relacionada con la altura del seto, que a la vez dependerá de la latitud, asumiendo que siempre que sea posible la orientación de las líneas deberá ser norte-sur. En la *Figura 9* y siempre considerando la orientación N-S de las líneas, se ilustra como en base a la latitud de una determinada zona se determinará la distancia entre calles. Así, para una latitud de 45° N la relación anchura/altura es 1-1. Por lo tanto, a una distancia de 3 m entre líneas le correspondería 3 m de altura, el límite de la mayoría de las actuales máquinas cabalgantes que suele ser de 2,80 m, aunque algunos modelos permiten ya los 3 m de altura de seto.

El segundo aspecto clave para optimizar la eficiencia del seto es conseguir una pared frutal lo más uniforme y continua posible, evitando los vacíos sobre todo en la parte basal de los árboles. La pared frutal puede formarse con estructura de soporte y en eje central que fue la opción utilizada inicialmente. La segunda opción es la formación en multi-eje partiendo de un Smart®Tree y con un soporte individual de 90 cm de alto para cada árbol, 30 de los cuales enterrados. Este sistema permite ocupar de forma más eficiente el espacio asignado a cada árbol, en especial cuando la distancia entre árboles es superior a 1 m. La ocupación del espacio se consigue con pinzamientos repetitivos, de forma manual o mecánica, a partir de la plantación y hasta que el seto alcance su altura final al tercer o cuarto año de plantación (*Figura 10*).

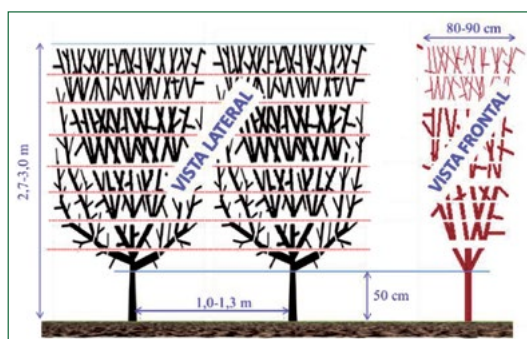


Figura 10. Vista lateral y frontal del seto con las dimensiones del mismo.

En base a lo expuesto anteriormente en lo referente al diseño de la plantación, la formación de los árboles y su conducción, se exponen en la *Figura 11* las dimensiones de una plantación en seto en lo referido a marcos de plantación y dimensiones de la copa de los árboles.

A medida que el sistema en seto se ha desarrollado en diferentes regiones y países ha evolucionado, mejorándose aspectos relativos al diseño de la plantación (marcos de plantación), de la formación (eje central, multieje) y la poda (frecuencia de pinzamientos, poda anual de mantenimiento). Ello ha dado lugar a las diferentes versiones del modelo (V1, V2 y V3) que han posibilitado mejorar la intercepción de la luz y la producción. En esta ecuación, la componente de mayor peso en el rendimiento es la distancia entre filas al determinar los m² de seto de la plan-



matholding group



IQV Agro España

Productos Top

por su imagen, formulación y prestigio

www.iqvagro.es



Compartiendo la pasión por la tierra

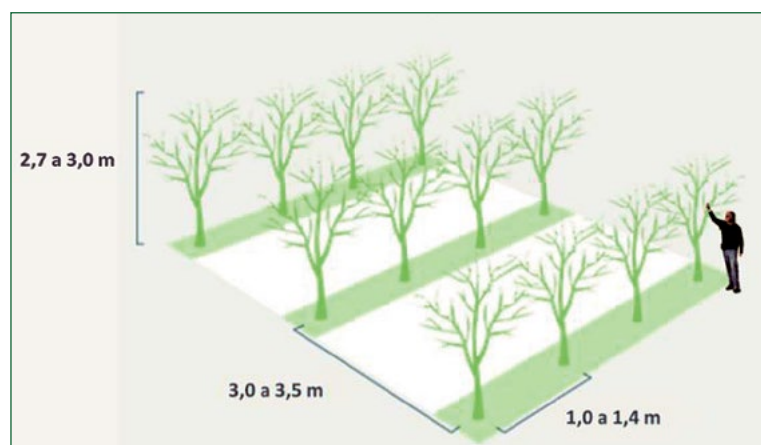


Figura 11. Plantación de almendro en seto con la propuesta de distancias de plantación y altura de los árboles.

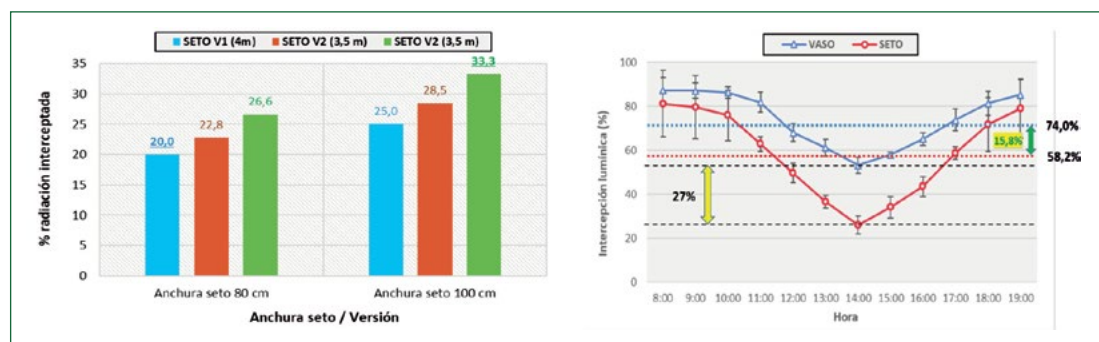


Figura 12. A la izquierda, porcentajes de radiación interceptada correspondientes a tres versiones (V1, V2 y V3) y dos anchuras de seto (80 y 100 cm) a las 12h solar. A la derecha, interceptación lumínica (%) desde las 8h a las 19h, correspondiente al vaso (6 x 4 m) y al seto o SHD (V1 4 x 1 m), valores medios de tres días (24 junio, 25 julio y 31 agosto 2019); adaptado de CASANOVAS-GASCÓN *et al.*, 2019).

tación, dado que la ocupación del espacio entre árboles, la altura y anchura del seto pueden compensarse con la poda y variedad adecuada. Estas versiones se han denominado: V1 (inicial, distancia entre calles de 4,0 m); V2 (distancia 3,5 m) y V3 (distancia 3 m). La distancia entre árboles más común en el seto es de 1,00 a 1,30 m entre árboles.

En la Figura 11 se ilustran los porcentajes de luz interceptada a las 12h solar para las tres versiones del seto (V1, V2 y V3) y dos anchuras del mismo (80 y 100 cm). Se observa, al igual que en las producciones (Figura 12), que al disminuir la distancia entre líneas por una parte y al aumentar la anchura del seto de 80 a 100 cm por otra, la interceptación de luz en base a la optimización de la relación anchura/altura del seto (Figura 8) aumenta proporcionalmente. En concre-

to, se incrementa del 20% al 33,3% al pasar de la versión V1 (4 m entre líneas) y anchura de 80 cm a la versión V3 (3 m entre líneas) y anchura 100 cm, lo que supone un incremento del 66,5%. En base a la experiencia disponible, para una correcta iluminación en el interior de la copa no se recomiendan anchuras de seto superiores a 1 m, aunque ello dependerá fundamentalmente de la variedad, de su capacidad de ramificación y del número de despuntes realizados en la fase de formación que deberá ajustarse a cada variedad para que la densidad del seto sea la correcta. Para el vaso a 6 x 4 m y una calle libre de 2 m de anchura, a las 12 h solar el porcentaje de luz interceptada es del 66,5%. Casanovas-Gascón *et al.* (2019), al comparar con la variedad 'Soleta' el vaso (6 x 6 m) y el seto (V1 a 4 x 1 m) ob-



El vaso con sus diferentes modalidades es el sistema de formación más utilizado en almendro en todos los países productores. A la izquierda, vaso tradicional con punto de cruz y, a la derecha, vaso con la poda Aragonesa 4.0 (Foto: Vivero de Abel), ambos de 5 años de edad, con importantes diferencias estructurales y de ocupación del espacio.



Vaso en su quinto año con poda Aragonesa 4.0 en Ecija (izda.). A la dcha., vista general del mismo sistema en Beja (Portugal) a un marco de 6 x 4 m (Foto: Vivero de Abel).

tuvieron una diferencia media de intercepción a lo largo del día (de 8 a 19h solar) del 16,7% superior en el vaso, pero muy inferior a la correspondiente a las 12h solares (30%) (Figura 12). En melocotonero, los porcentajes de intercepción de luz (PAR interceptado en %) integrados a lo largo del día (de 7 a 21h solar), comparando el eje central y el vaso, similares al seto y al vaso del

almendro, fueron del 75% y del 82%, respectivamente (IGLESIAS 2019c). Datos similares en cuanto a la linealidad en la intercepción de luz y efecto de la anchura y orientación del seto, han sido reportados en olivo por TRENTACOSTE *et al.* (2015) y CAMPOSEO *et al.* (2021).

Los rendimientos medios obtenidos en plantaciones comerciales existentes en España y

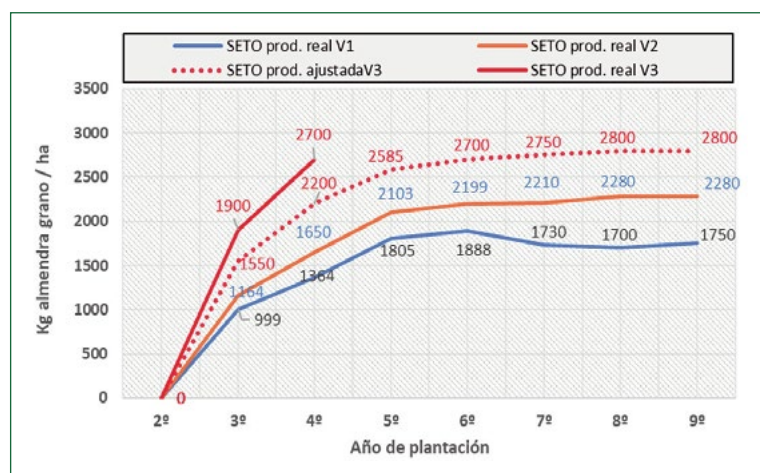


Figura 13. Producciones medias anuales de almendra grano (kg/ha) correspondientes a diferentes versiones del sistema en seto o SES obtenidas en plantaciones experimentales y comerciales de España y Portugal desde el año 2010.

Portugal, plantadas desde 2010 se exponen en la Figura 13. Puede observarse la progresión de las producciones según sea la versión del seto utilizada: V1, V2 y V3, con un incremento del 60% de la versión V3 (2.800 kg/ha) con respecto a la versión V1 (1.750 kg/ha). Las producciones obtenidas hasta el 4º año con la V3 y un manejo óptimo de la copa han sido superiores a las esperadas y superarán los 3.000 kg/ha en el quinto año. Se observa una relación lineal entre el incremento de los valores de intercepción de radiación y del volumen del seto correspondientes a las tres versiones con el aumento de las producciones obtenidas (Figura 12 izda. y Figura 13). De ello se deduce la importancia del diseño de la plantación para la conducción del seto, en particular en la orientación N-S de las líneas y el ajuste anchura de calle altura del seto al ratio 1/1,1-1,2 en la mayoría de las zonas productoras de España y Portugal, por lo que no son necesarios más de 3 m de distancia entre líneas, dada la limitación actual de la altura del seto a 3 m por la dimensión de las máquinas cabalgantes.

Los **volumenes de copa** correspondientes a la Versión 2 (3,5 x 1,25 m) y la Versión 3 (3,0 x 1,25 m) son de 5.257 y 6.133 m³/ha, respectivamente, y son superiores a los de la primera versión V1 (4,0 x 1,0 m) con 4.600 m³/ha y muy inferiores a los 15.200 m³/ha del sistema intensivo en vaso con un marco de 6 x 4 m. Si la altura del seto fuera de 3 m, manteniéndose la anchura en

80 cm, los volúmenes correspondientes serían de 5.000, 5.714 y 6.667 m³/ha, respectivamente. En cualquier caso, la importante reducción del volumen de copa con respecto al vaso y considerando una producción similar (por ejemplo 2.500 kg de almendra grano/ha), se traduce en una mayor producción de almendra por m³ de copa (0,40 kg/m³ en seto V3 y 2,80 m de altura, frente a los 0,16 kg/m³ del vaso a 6 x 4 m) y en la reducción casi a la mitad de los volúmenes de caldo aplicados en los tratamientos. Por otra parte, la forma más bidimensional del seto implica una importante disminución de las pérdidas por deriva, lo que conduce a un ahorro de casi 100 €/ha-año en el coste de los tratamientos y a un beneficio ambiental considerable, que encaja con las directrices del Pacto Verde de la Unión Europea. A ello hay que añadir, como se expone posteriormente, al mayor valor de la ratio superficie de copa/volumen de copa en el seto. Ello se traduce en una mejor iluminación, menor humedad y consecuentemente mayor eficiencia en el control de plagas y enfermedades en las que el buen recubrimiento y la aireación son requeridas.

En el modelo en seto de almendro, ocupar el espacio asignado a cada árbol y conseguir una pared frutal lo más uniforme posible, constituye la base para obtener plantaciones eficientes con rendimientos óptimos a lo largo de los años. Para alcanzar este objetivo es preciso un manejo óptimo de la poda (pinzamientos), pero depen-

Protecciones eficientes



 **novafrut**
redestecnicas.com

*Servicios
a medida*



antigranizo



antilluvia



sombreo



anti insectos



climática



anti pájaros



emparrados



cortavientos



tela
reflectante



deportes



cerramientos



helicultura



piscifactorías

NOVA FRUTICULTURA, SL - www.redestecnicas.com - comercial@redestecnicas.com

Girona: Terres Blanques, 10
17600 Figueres
Tel. +34 972 510 685

Lleida: Pol. Ind. Vila-sana,
Pla de la Cometa, 3 - 25245 Vila-sana
Móvil 600 430 978



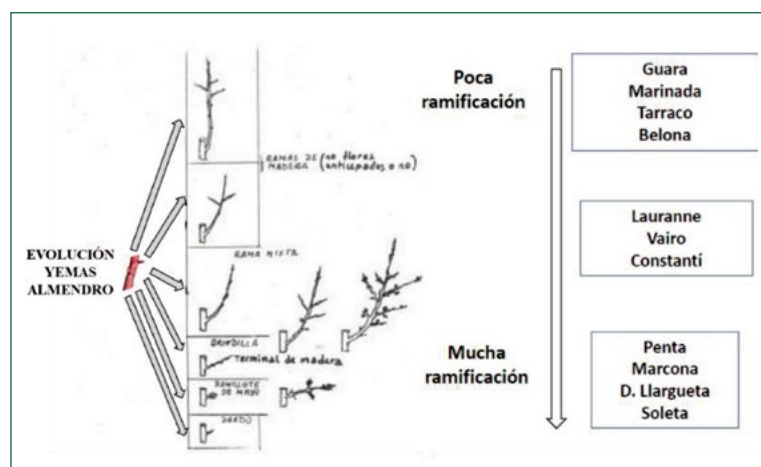


Figura 14. Evolución de las yemas de almendro y aptitud a la ramificación de diferentes variedades cultivadas.

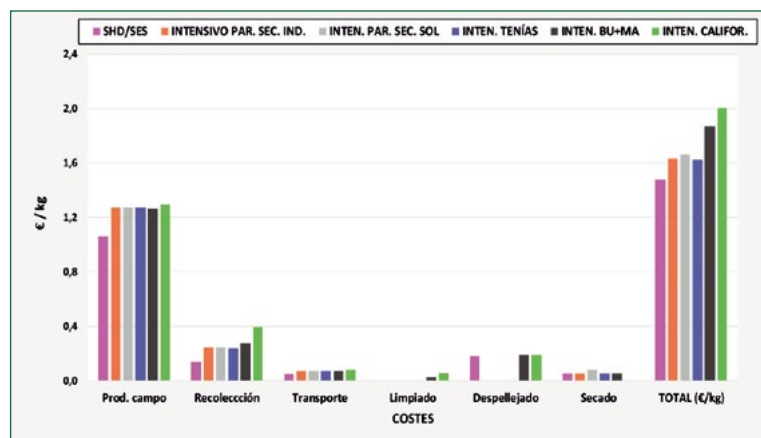


Figura 15. Coste total de producción y partición de costes (€/kg almendra grano) correspondientes a fincas comerciales con diferentes sistemas de formación de almendro en España el año 2020, considerando una producción de 2.250 kg/ha de almendra grano.

derá también de la variedad, su aptitud a la ramificación y el porte del árbol. Así, las variedades que ramifican más ocuparán más fácilmente el espacio asignado. El porte semierecto facilitará su manejo en la recolección con respecto a las de porte péndulo como 'Llangueta Desmayo'. En estas variedades el número de pinzamientos en el periodo de formación será inferior a las que ramifican poco como 'Guara', 'Marinada' o 'Belona'. En la *Figura 14* se indica la evolución de las yemas de almendro y la aptitud a la ramificación de diferentes variedades.

Costes de producción

En cualquier especie frutal uno de los aspectos interesantes ligados a los sistemas de formación es conocer su efecto en los costes de pro-

ducción, dado que en periodos de precios bajos un menor coste de producción favorece más a los sistemas que permiten reducirlos. Lo mismo ocurre con la mano de obra y saber qué sistemas son más dependientes de la misma, dado que su disponibilidad se ha visto limitada por los efectos de la Covid-19. En el primer caso, un análisis preliminar de los costes correspondientes a valores medios de diferentes fincas comerciales de España asociados a los sistemas de formación disponibles, así como la partición de estos, permite observar diferencias importantes en todo el proceso. Dichos costes para el año 2020 se exponen en la *Figura 15* para los diferentes sistemas de producción incluyendo los costes de producción en campo, la recolección, el transporte, el limpieza, el despellejado, el seca-



Plantación en seto de tres años de edad en el Valle del Ebro (Ontiñena, Huesca).

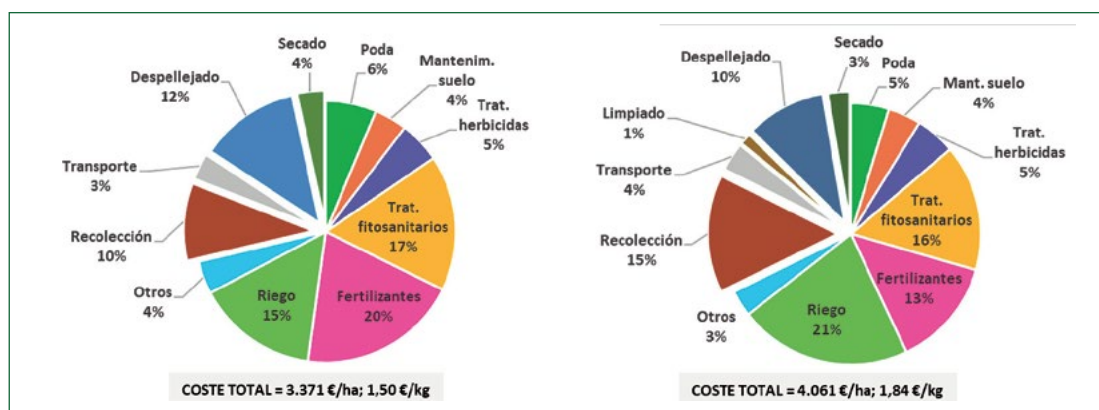


Figura 16. Costes preliminares de producción y procesado y su partición por conceptos para los sistemas en seto (recoleccion con cabalgante, izquierda), e intensivo (recoleccion con mantos y buggies, derecha), correspondientes a fincas comerciales del Valle del Ebro (España) en el año 2020.

do y el coste total. Para su cálculo se ha considerado la misma producción para todos los sistemas de 2.200 kg grano/ha.

Si se observa el coste total por kg de almendra grano, el mayor corresponde al sistema californiano que es de 2,0 €/kg, mientras que el más bajo es el del sistema SES, siendo el resto intermedios. Las mayores diferencias entre sistemas se dan en los costes de producción en campo y en la recolección. El coste de plantación para el sistema SES con un marco de plantación de 3,5 x 1,25 m y todos los costes incluidos es de 13.406 €/ha, mientras que para el sistema intensivo, marco de 6 x 4 m, es de 7.546 €/ha. Con respecto a los costes de producción

en campo más la recolección y el procesado son 3.371 €/ha y 3.607 €/ha para el sistema SES y el intensivo, respectivamente, según datos de 2019 y sin incluir la amortización ni el coste de oportunidad de la tierra.

La partición de los costes de producción por conceptos para el sistema en seto y para el sistema con mantos y buggies se ilustra en la Figura 16. Con respecto a la necesidad de mano de obra, el sistema de paraguas invertido junto al de mantos + buggies son los más exigentes, el sistema californiano se sitúa en la parte intermedia y requiere de mano de obra más cualificada, al igual que el de cabalgantes y Tenías, estos dos casos con menores requerimientos.



Ejemplos de nuevas plantaciones en seto en Portugal: arriba, de Manuel Grabe (Alentejo) (Foto: Manuel Grabe). Abajo, Veracruz (Fundao) (Foto: Veracruz).

Indicadores de rentabilidad

Los valores de los indicadores de rentabilidad de la inversión VAN, TIR y Pay-back, para el sistema intensivo en vaso, marco de plantación de 6 x 4 m, y el superintensivo o seto con dos mar-

cos de plantación en sus dos versiones V1: 3,5 x 1,25 m y V2: 3,0 x 1,25 m, y para diferentes producciones medias anuales se exponen en el Cuadro 3. Se han calculado en base a los costes expuestos en la Figura 15, considerando dos precios de



LA TECNOLOGÍA MÁS AVANZADA Y FIABLE AL SERVICIO DEL AGRICULTOR



BROTOMAX®

Calidad y sanidad



AM·EN®

Más frutos y más uniformes



QUASSAR®

*Potencia el efecto de
los Caldos de tratamiento*



CORRIZ·AM®

*Energía para las primeras etapas
y en momentos de stress*

Cuadro 3. Indicadores de rentabilidad 2020 correspondientes a los sistemas de formación en vaso o intensivo y seto o superintensivo para 1 ha de almendro situada en el Valle del Ebro (España), año 2020 y para dos precios de venta de la almendra grano.

Intensivo o vaso (1, 2 y 3)*							
4,0 €/kg				5,0 €/kg			
Inversión (€)	VAN (€)	TIR (%)	Pay-back (años)	Inversión	VAN	TIR (%)	Pay-back (años)
7.456 (1)	53.370	22,1	6,2	7.456	80.409	27,0	5,6
7.456 (2)	64.616	25,1	5,6	7.456	95.378	29,1	5,3
7.456 (3)	76.471	26,0	5,2	7.456	110.197	30,2	5,1
Super intensivo o seto (V2, V3 (1) y V3 (2))*							
4,0 €/kg				5,0 €/kg			
Inversión (€)	VAN (€)	TIR (%)	Pay-back (años)	Inversión	VAN	TIR (%)	Pay-back (años)
13.406 (V2)	56.970	20,0	6,0	13.406	93.157	25,8	4,8
14.766 (V3) (1)	74.649	23,5	5,2	14.766	109.656	28,5	4,6
14.766 (V3) (2)	84.389	24,2	5,0	14.766	127.607	29,5	4,3

(*): se ha considerado una producción media de 2.200 kg/ha-año de almendra grano para el Vaso (1) y el seto V2, 2.520 kg/ha-año para el Vaso (2) y el seto V3 (1), 2.800 kg/ha-año para el Vaso (3) y el seto V3 (2) y dos precios de venta 4 y 5 €/kg almendra.

la almendra grano: 4 y 5 €/kg y tres producciones medias: 2.200, 2.520 y 2.800 kg de almendra grano/ha. Los resultados ponen de manifiesto que dichos indicadores se ven poco afectados por el sistema de formación, siendo los del sistema intensivo o vaso intermedios entre las versiones V2 y V3 del seto para las diferentes producciones. El VAN y el TIR son superiores en el seto, mientras que el TIR es ligeramente mayor en el vaso por la menor inversión.

Se acaba de exponer que el sistema de formación tiene poco efecto en los indicadores de rentabilidad. Los dos factores que más efecto tienen en la misma son el precio de venta y la producción, tal y como se observa en el Cuadro 3. El **precio de la almendra** se ha elegido de 4,0 y 5,0 €/kg, por ser una horquilla de precios probable posterior a la recuperación de los bajos precios de 2020. A pesar de ello la formación del precio en España es sumamente compleja, por lo que es difícil hacer previsiones con una buena fiabilidad. Para el precio de la almendra de 3,5 €/kg, los valores de los indicadores disminuyen ligeramente con respecto a los de 4 €/kg.

El segundo factor que tiene un mayor efecto en la rentabilidad es la **producción**. Es el más importante para los productores dado que, si bien los

precios son difícilmente cambiables, la producción siempre es mejorable aunando las mejores condiciones edafo-climáticas, las variedades más adaptadas a cada región, el mejor sistema/sistemas de formación y la mejor tecnología de producción (poda, riego, abonado, protección del cultivo). En el Cuadro 3 se observa como para un mismo sistema vaso o seto, pasando la producción tan solo de 2.200 (1 y V2) a 2.520 kg/ha (2 y V3 (1)), la rentabilidad mejora sustancialmente y más aun considerando los 2.800 kg/ha (3 y V3(2)), alcanzables con las consideraciones anteriores. Considerando, por tanto, la similitud de los indicadores de rentabilidad al comparar las opciones en seto e intensivo, se deduce que la elección por uno u otro sistema, además de la disponibilidad financiera, vendrá dado principalmente por dos factores:

- La **mano de obra**, su coste y disponibilidad con el riesgo que ello puede suponer en el futuro para grandes plantaciones y más tras los efectos de la Covid-19.

- La **optimización en el uso de los inputs** o eficiencia productiva y sostenibilidad, al depender en gran medida del volumen de copa, en particular tratamientos fitosanitarios, agua y fertilizantes; dado que es difícil conseguir dicha eficiencia con copas a todo volumen de los sistemas en vaso.



Nueva plantación de almendro en seto en el sur de Italia, región de Puglia (Foto: G. Rutigliano).



El control periódico del volumen de copa de forma mecánica es imprescindible para la moderna almendricultura, pero es más eficiente y de fácil aplicación en árboles de pequeño volumen como el seto (derecha).



Las copas de volumen reducido y bidimensionales del seto (arriba) permiten una mayor eficiencia en la aplicación de productos fitosanitarios, al disminuir la deriva y mejorar la distribución de la materia activa en el interior de la copa con respecto al vaso tradicional (abajo), además de reducir a la mitad el volumen aplicado.

La producción ecológica de almendra

La producción y el consumo de frutas ecológicas muestra un crecimiento sostenido en toda Europa a lo largo de las dos últimas décadas. Los cuatro países con mayor superficie total dedicada a la **agricultura ecológica** son España (16,9% del total de la UE-28), Italia (15,1%) Francia (12,9%), Alemania (9,5%) y Portugal (7%). Estos cuatro países suman el 54,4% del total de la superficie ecológica europea con más de 12 millones de ha en 2019. Australia sigue siendo el país con la mayor extensión de tierras con cultivos ecológicos del mundo (en su mayoría, tie-

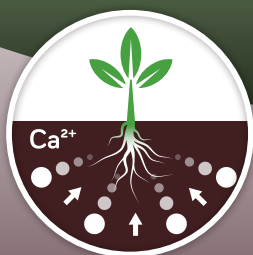
rras dedicadas a pastoreo), seguida de lejos por Argentina, China, Estados Unidos y, en quinta posición, España con más de 2 millones de ha (FiBL y IFOAM). Los países europeos en los que se consumen más productos ecológicos son Alemania, Francia y Reino Unido, con un bajo consumo para España que ocupa la posición número 8 (EUROSTAT). En cifras relativas, los países de la Unión Europea con mayor consumo per cápita de productos ecológicos son Luxemburgo y Dinamarca.

En **almendra ecológica**, España es el líder mundial con 144.560 ha y una producción de 18.000 t en 2020 (*Figura 2b*). Estados Unidos con

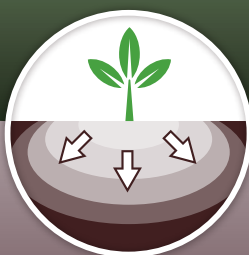
codasal premium



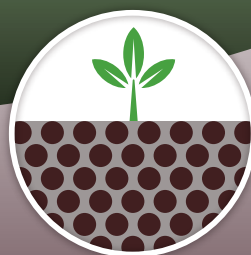
Tecnología pionera en calcio eficiente



Calcio de alta disponibilidad
para los cultivos



Desplazamiento de
sales del bulbo húmedo



Mejores condiciones físico-
químicas-biológicas del suelo



Sustainable Agro Solutions, S.A.
descubre más en www.sas-agri.com



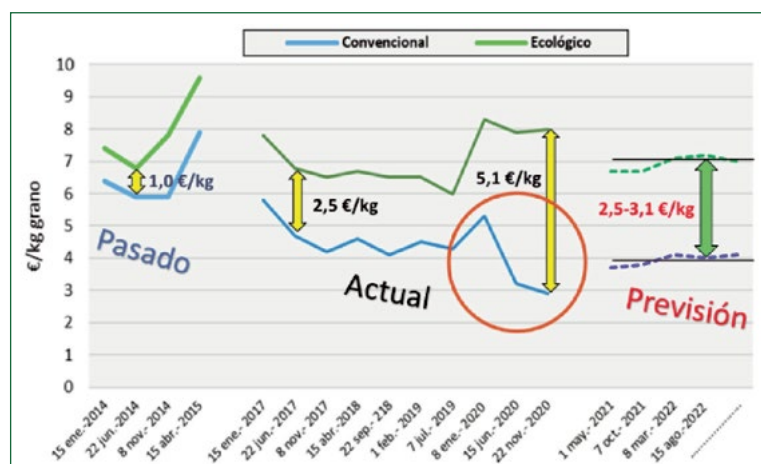


Figura 17. Precios (€/kg) correspondientes a la almendra grano en producción convencional y en producción ecológica desde el año 2014 y previsión al 2022. Valores medios del grupo "Almendra Comuna" de las Lonjas de Albacete, Murcia y Reus.

16.500 t anuales es el segundo productor del mundo. En Europa, la casi totalidad de la producción se localiza en España, principalmente en zonas de secano de la vertiente mediterránea con baja pluviometría (Castilla La Mancha, Andalucía, Alicante, Región de Murcia, Valle del Ebro, etc.). Tan solo el 21% de la superficie cultivada cuenta con riego de soporte. Dichas condiciones climáticas con climas secos y calurosos, junto al sistema de cultivo poco intensivo, favorecen en gran manera este tipo de producción que ya casi fue siempre ecológica y que sería mucho más difícil en zonas con mayor pluviometría y cultivo más intensivo. La óptima elección de la variedad y de la zona de producción, son clave para la producción ecológica de forma sostenible y competitiva. En Portugal, según la DGADR (2018), los frutos secos ocupan una superficie de 43.843 ha, siendo 39.642 de almendro, de las cuales se estima que unas 2.500 ha se están convirtiendo al cultivo ecológico.

Uno de los factores que han despertado el interés por la opción ecológica ha sido el alza considerable de los precios a lo largo de 2020, entre otros, por los efectos de la Covid-19 y de la demanda creciente, que previsiblemente seguirá en el futuro. Sin embargo, cabe recordar que hace tan solo unos años, apenas se daba un diferencial de precio entre la almendra ecológica y la convencional, tal como se observa en la Figura 17. La previsión de futuro dibuja una franja probable de precios para la almendra ecológica

de entre 7 y 7,5 €/kg para no retraer el consumo, frente a los 4–4,5 €/kg previsibles para la almendra convencional, un diferencial de precio superior del 75% al 66%, respectivamente para la almendra ecológica.

Por supuesto que la producción ecológica es un sistema de producción que, como en otros frutales, requiere de mucha más tecnificación por parte de los productores y requiere de una asesoría especializada, además del acierto en la elección varietal y en las zonas óptimas de cultivo. Desde Agromillora, se está desarrollando desde el año 2017 en España y Portugal, y para los secanos frescales, una nueva técnica de producción basada en variedades autofértiles autoenraizadas, conducidas en seto de volumen modulable según condiciones edafo-climáticas y altamente mecanizable, tanto en la poda como en la recolección (IGLESIAS, 2019b). Este sistema, al igual que en olivo, deberá permitir una producción eficiente y sostenible de almendra ecológica para revalorizar amplias zonas dedicadas actualmente a cultivos extensivos con una baja rentabilidad.

Ya sea en secano o en regadío la adopción de un sistema de formación como el seto, una forma plana y de pequeño volumen, supone una ventaja destacable para la producción ecológica en lo referido al uso de los inputs y de su eficiencia. Con respecto a la protección del cultivo el seto, además de la disminución de las pérdidas por deriva, posibilita una mejor distribución

de fitosanitarios en la totalidad de la copa, dado que la ratio superficie periferia/volumen de copa pasa de 1,37 en vaso a 2,80 m²/m³ en seto. Ello resulta en un control más eficiente de plagas y enfermedades por haber más superficie expuesta con respecto al volumen de copa, además de reducir el volumen de caldo aplicado a la mitad. Esta mejor eficiencia de los fungicidas se ve además favorecido por una mejor iluminación de la copa que disminuye la afección por enfermedades, como ocurre también en melocotonero o cerezo. En definitiva, una mayor eficiencia en la protección del cultivo frente a plagas y enfermedades con respecto a formas en volumen como el vaso. Con la problemática añadida de que en la Unión Europea cada vez se cuenta con un menor número de materias activas.

Otro aspecto que caracteriza el seto es la mecanización completa de la recolección y el uso de poca mano de obra y especializada, sin ningún efecto medioambiental negativo. El sistema con paraguas invertido es inviable en grandes explo-

taciones, mientras que el de mantos + buggies es muy dependiente de la mano de obra. El sistema californiano posibilita una completa mecanización, pero presenta problemas ambientales asociados a la recolección del suelo y el polvo generado. En producción ecológica este sistema es poco menos que inviable al precisar el suelo libre cubierta vegetal y malas hierbas mediante el uso de herbicidas no autorizados. Además, con la problemática añadida por las contaminaciones de hongos en variedades de cáscara blanda cuando se recoge del suelo. La problemática ambiental ligada al sistema de recolección del suelo y al polvo generado es inherente al mismo y se atisba como poco sostenible de cara al futuro. En California, el 55% de la producción de almendra se concentra en la parte sur del Valle Central, en particular en los condados de Madera, Fresno Stanislaus, Merced, y Kern, cada uno con una producción anual de más de 100 millones de libras anuales. En el Cuadro 4 se muestran las ciudades más contaminadas ambientalmente de



BORRELL BHC® **HULLER COMBO**

Nuevas descapotadoras patentadas.
Descapitado, cribado y triple aspiración.
Máxima eficiencia y rentabilidad.



Cuadro 4. Las ciudades más contaminadas de Estados Unidos por ozono y por partículas contaminantes.

By Ozone	By Year Round Particle Pollution	By Short-Term Particle Pollution
#1: Los Angeles—Long Beach, CA	#1: Bakersfield, CA	#1: Fresno—Madera—Hanford, CA
#2: Visalia, CA	#2: Fresno—Madera—Hanford, CA	#2: Bakersfield, CA
#3: Bakersfield, CA	#3: Visalia, CA	#3: San Jose—San Francisco—Oakland, CA
#4: Fresno—Madera—Hanford, CA	#4: Los Angeles—Long Beach, CA	#4: Fairbanks, AK
#5: Sacramento—Roseville, CA	#5: San Jose—San Francisco—Oakland, CA	#5: Yakima, WA
#6: San Diego—Chula Vista—Carlsbad, CA	#6: Fairbanks, AK	#6: Los Angeles—Long Beach, CA
#7: Phoenix—Mesa, AZ	#7: Phoenix—Mesa, AZ	#7: Redding—Red Bluff, CA
#8: San Jose—San Francisco—Oakland, CA	#8: Pittsburgh—New Castle—Weirton, PA—OH—WV	#7: Salt Lake City—Provo—Orem, UT
#9: Las Vegas—Henderson, NV	#8: El Centro, CA	#7: Missoula, MT
#10: Denver—Aurora, CO	#10: Detroit—Warren—Ann Arbor, MI	#10: Phoenix—Mesa, AZ

Fuente: American Lung Association: State of the air en <https://www.stateoftheair.org/city-rankings/most-polluted-cities.html>

Estados Unidos. Se observa que muchas de ellas están situadas en las áreas con mayor producción de almendra, que son a la vez donde se concentran los mayores porcentajes de población con riesgo a enfermedades relacionadas con la contaminación ambiental, en particular asma y cáncer de pulmón.

El modelo californiano, a pesar de los importantes esfuerzos realizados en los últimos años por el *Almond Board of California* para la racionalización de *inputs* y plasmados en los “Goals-2025”, sería inaplicable en la Unión Europea por la regulación actual y las directrices que marcarán la Europa Verde y que emanan del Green Deal y de la Estrategia del campo a la mesa. Su principal objetivo en lo referente a la producción agrícola es la protección del clima y del medio ambiente, incluida la calidad del aire, descritas detalladamente por IGLESIAS (2021) y el fomento de la agricultura ecológica. La previsión de la Comisión Europea es pasar del 9% de la superficie actual (2020) al 30% en el año 2030, implementando para ello un sistema de pagos directos a los agricultores para su fomento y expansión. Concretamente en este tipo de producción no es posible, entre otras muchas limitaciones, la aplicación de herbicidas para el mantenimiento del suelo. La nueva PAC 2023–2027 será una PAC todavía más verde. Una parte de las ayudas a los productores (sobre el 20% y en el Pilar-I) se basarán en los ecoesquemas que incluyen la producción ecológica. El objetivo es una producción agrícola sostenible ambientalmente y para los productores, mediante el uso

eficiente de *inputs*; opción situada en las antípodas con respecto a las estrategias productivistas basadas en el uso intensivo de *inputs* de otros países y épocas.

Conclusiones

Se han expuesto los aspectos más destacables del cultivo del almendro en España y Portugal, países donde esta especie está experimentando un desarrollo sin precedentes debido a la constante innovación tecnológica, a la disponibilidad de importantes y nuevas zonas regables, especialmente en Portugal, y a los altos precios percibidos por la almendra en la última década. La innovación se fundamenta en modernas plantaciones, manejadas como los frutales desde el punto de vista tecnológico, mayoritariamente con variedades autofértiles de floración mediatardía y sistemas de formación que incluyen el vaso, en sus diferentes modalidades, y el seto. En este último caso, el volumen reducido de copa y la intensificación de la plantación posibilitan una entrada en producción más rápida y mayor eficiencia de *inputs*, incluida la menor dependencia de la mano de obra, aspecto clave para las futuras plantaciones. La producción ecológica en las zonas climáticas óptimas, con las mejores variedades, la óptima conducción y tecnología adecuada, constituye una clara oportunidad por la demanda creciente, los precios percibidos y la ausencia de países competidores.

La expansión del cultivo hacia zonas climáticas menos propicias por la mayor pluviometría o el mayor riesgo de heladas, debido al encareci-



Haifa

Pioneering the Future

HaifaStim™

GROW STRONG



HaifaStim™ Suplementos nutricionales para cultivos de calidad

HaifaStim™ es una gama de bioestimulantes, cuidadosamente formulados para fortalecer la planta y mejorar su crecimiento, a fin de favorecer un desarrollo óptimo, aumentar los rendimientos y maximizar la calidad. HaifaStim™ optimiza todo el sistema de crecimiento, lo que se traduce en un desarrollo superior de las plantas, una mejor estructura del suelo y mayores rendimientos, junto con un menor impacto ambiental.





El paraguas invertido es un sistema de cosecha ampliamente utilizado en plantaciones de dimensión pequeña o media por su facilidad de manejo y bajo coste (arriba). Con superficies mayores los mantos + buggies (izda.) es el sistema más utilizado en España y Portugal, pero su principal inconveniente es la disponibilidad y coste de la mano de obra.

miento del coste del suelo, puede situar a nuevas plantaciones al límite de la rentabilidad si el menor precio de la almendra y su volatilidad persisten de forma sostenida. Ante este escenario producciones inferiores a los 1.000 kg/ha de grano difícilmente serán rentables en el futuro. La disponibilidad de información contrastada en las principales zonas de producción acerca de las variedades y patrones mejor adaptados, su calidad organoléptica y aptitud en fresco o industrial, las necesidades de frío y calor, los sistemas de formación y su eficiencia, la sensibilidad a enfermeda-

des y su comportamiento en producción convencional y ecológica, serán claves para el futuro de la producción de almendra española y portuguesa y de su competitividad en los mercados globales. Ambos países presentan actualmente el mayor potencial de crecimiento del mundo después de Estados Unidos y una oportunidad única para un cultivo muy bien adaptado a regiones mediterráneas. Finalmente, adaptar el fuerte crecimiento de la oferta previsible para los próximos años al consumo también creciente, junto a la promoción/comunicación, son tareas pendientes. ●



La recolección del seto con máquinas cabalgantes permite reducir considerablemente su coste. Este sistema es poco dependiente de la mano de obra, que además es especializada. Las empresas de maquinaria ofrecen modelos cada vez más eficientes al posibilitar setos de mayor volumen, con menor daño a la vegetación y menores pérdidas en la recolección. De arriba a abajo: New Holland 9090X, Pellenc CV-45 y Gregoire G176.





Arriba, plantación de almendro ecológico de regadío en Egea de Los Caballeros (Zaragoza, España). Abajo, nueva plantación de almendro autoenraizado en secano y en seto en Córdoba (España) para producción ecológica. La elección de las mejores variedades, las mejores ubicaciones y los nuevos sistemas productivos, unido a un buen nivel de tecnificación, abren interesantes perspectivas a la producción de almendra ecológica.



Precios para el consumidor (2020) en lineales de almendra ecológica y convencional en Estados Unidos (superior) y en España (inferior). La diferencia es de casi el doble para la ecológica, lo que se tradujo a finales de 2020 en precios para la misma de alrededor de 8 €/kg de almendra grano para el productor, más del doble con respecto a la convencional.

Bibliografía

- ALMOND BOARD OF CALIFORNIA, 2020. Annual Report. Almond Almanac 2010.
- BROWNE, G.; UPADHYAYA, S.; METCALF, S.; CONTADOR, L.; ARNOLD, K.; CULUMBER, M.; DOLL, D.; DUNCAN, R.; FICHTNER, F.; FULTON, A.; GORDON, P.; JARVIS-SHEEN, K.; LIGHTLE, D.; MILLIRON, L.; NIEDERHOLZER, F., (2014). Canopy Light Interception and Yield Potential in Almond. *UC Davis Report*.
- CAMPOSEO, S., (2020). Altissima densità o altissima sostenibilità?. *Olivo e olivo*, nº1, 50–53.
- CASANOVAS-GASCÓN, J.; FIGUERAS-PANILLO, M.; IGLESÍAS-CASTELLARNAU, I.; MARTÍN-RAMOS, P., (2019). Comparison of SHD and Open-Center Training Systems in Almond Tree Orchards cv. 'Soleta'. *Agronomy*, 2019, 9, 874, 1–15.
- CATALANO, L.; LAGHEZZA, L.; DIGIARO, D.; GENTILE, G. (2020). Uno sguardo sulla nuova mandorlicoltura italiana. *Rivista di Frutticoltura*, 10, 46–50.
- IGLESÍAS, I. (2019a). Sistemas de plantación 2D: una novedad en almendro, una realidad en frutales. Hacia una alta eficiencia. *Revista de Frutticoltura*, 67, 22–44.
- IGLESÍAS, I. (2019b). Reinventamos los secanos: el almendro autoenraizado. *Revista de Frutticoltura*, 72, 32–47.
- IGLESÍAS, I., (2019c). Costes de producción, sistemas de formación y mecanización en frutales, con especial referencia al melocotonero. *Revista de Frutticoltura*, 69, 50–59.
- IGLESÍAS, I., (2020). El almendro en España: situación, innovación tecnológica, costes y retos para una producción sostenible. *Horticultura*, 350, 14–28.
- IGLESÍAS, I.; TORRENTS, J. (2020a). Millora genètica de portaempelts de

- préssec. La visió des d'una empresa viverística, 21–28. *Dossier Tècnic DARP* num.103: Novetats en portaempelts de presseguer.
- IGLESÍAS, I.; TORRENTS, J. (2020b). Diseño de nuevas plantaciones adaptadas a la mecanización en frutales. *Dossier fruta de pepita. Horticultura*, 346, 60–67.
- IGLESÍAS, I.; LAGHEZZA, L., (2020). La coltivazione in Spagna innovazione tecnica-varietale e impianti intensivi. *Rivista di Frutticoltura*, 10, 51–59.
- IGLESÍAS, I., (2021). La intensificación sostenible como respuesta al Pacto Verde de la Unión Europea: retos y ejemplos en la producción agrícola y el consumo alimentario. *Olint*, 37. In press.
- MALDERA, F.; VIVALDI G.A.; IGLESÍAS-CASTELLARNAU, I.; CAMPOSEO, S., (2021). Row orientation and canopy position affect bud differentiation, LAI and some agronomical traits of a super high-density almond orchard. *Agronomy*, 10. In press.
- MIARNAU, X.; TORGUET, L.; BATLLE, I.; ROMERO, A.; ROVIRA, M. Y ALEGRE, S., (2018a). Comportamiento Agronómico y productivo de las nuevas variedades de almendro. *Revista de Frutticoltura, Especial Almendro*, 2016, 42–59.
- MIARNAU, X.; TORGUET, L.; ZAZURCA, L.; MALDONADO, M.; GIRABET, R.; BATLLE, I.; ROVIRA, M. (2018b). El futuro del almendro en España: ¿Será posible producir 4.000 kg de grano/ha? *Horticultura*, Sept. 16–26.
- TRENTACOSTE E.R.; CONNOR D.J.; GOMÉZ-DEL-CAMPO M., (2015). Effect of row spacing on vegetative structure, fruit characteristics and oil productivity of N-S and E-W oriented olive hedgerows. *Scientia Horticulturae* 193, 240–248.
- WAYCOTT, R.; SAA, S. (2020). Principales características del sector de la almendra en California: los inicios, la consolidación, las perspectivas. *Olint*, 36, 13–19.